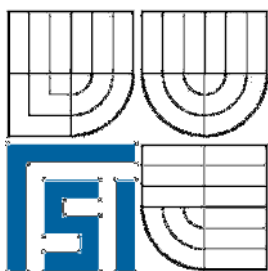




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA MĚKÉHO VÁLCOVÁNÍ KAUČUKU THE MANUFACTURING OF SHALLOW DRAWING PART BY RUBBER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MILAN DRAHOVZAL

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁRSKÉ PRÁCE

student(ka): Milan Drahovzal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám vsouladuse zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijníma zkušebníma řádem VUT v Brně určí číselnou hodnotu následujícího bakalářského práce:

Výroba mělkého výtažku pryží

v anglickém jazyce:

The manufacturing of shallow drawing part by rubber

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby mělkého výtažku o malé sérii. Součástí je nepravidelného tvaru s přírubou a otvorem a bude vyráběna technologií tažení bez ztenčení stěny využitím nepevného nástroje - polytanu. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii tažení pryží spolu se zhodnocením výroby součástí obdobného tvaru. Následovat bude návrh vhodné technologie a vypracování postupu výroby součástí (provedení technologických a kontrolních výpočtů), návrh sestavy nástroje spolu s výrobními výkresy za daných důležitých podmínek, technicko-ekonomické hodnocení závěrů.

Seznam odborné literatury:

1. HELLWIG, W., SEMLINGER, E. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig/Wiesbaden : Friedr Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. Edit.. ISBN 80-214-0294-6.
3. TIŠNOVSKÝ, Miroslav, MÁDLE, Luděk. Hluboké tažení plechu a lisování. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4
4. NOVOTNÝ, Karel. Tváření nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
5. DVORÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologietváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
6. ROMANOVSKIJ, Viktor Petrovič. Příručka pro lisování a zastudování. 2. vyd. Praha: SNTL, 1959. 540 s. DT 621.986.
7. MARCINIAK, Zdzisław. Teorie tváření plechu. Vše Vlad Jandura. 1. vyd. Praha: SNTL, 1964. 260 s. DT 621.777.001.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne

L.S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

DRAHOVZAL Milan: Výroba mělkého vytázkupřít

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru B2307 předkládá návrh technologie výroby vytáčku víka kontejneru používaného v chemickém průmyslu. Součástí se bude vyrábět z nerezového ocelového plechu 17240. Na základě variantního řešení, s přihlédnutím k sériovosti, bylo navrženo tažení pomocí metody Guerin. Z konstrukčních technologických výpočtů byl zkonstruován tažný nástroj. Tažnice byla nahrazena elastomerovým blokem o tvrdosti 80ShA. Tažník byl vyroben z nástrojové oceli 19312.9

Klíčová slova: Tváření pružným prostředím, tváření pryží, plošné tváření, Guerin.

ABSTRACT

DRAHOVZAL Milan: The manufacturing of shallow draw forming part by rubber

The project elaborated in frame of Bachelor's studies branch B2307 study proposes extract lid container technology used in the chemical industry. Part will be manufactured from stainless steel sheet 17240. Based on the variant solution, taking into account the serial, it was drawing method Guerin. The design and technological calculations was constructed pulling tool. The die was replaced by a block of elastomer with a hardness 80ShA. Punches was made of instrumental steel 19312.9

Keywords: Rubber Pad Forming, Metal sheet forming, Guerin.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DRAHOVZAL Milan: *Výroba m ělkého výtařku pryří.* Brno, 2010. 40 s., CD. FSI VUT
v Brn ě, Ústav strořírenské technologie, Odbor technologie tvá ření kov ů a plast ů. Vedoucí
práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉPROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a materiálů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 28.5.2010

.....
Milan Drahovzal

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

| | Str. |
|--|------|
| 1 ÚVOD | 10 |
| 2 POPISSOU ČÁSTI | 11 |
| 2.1 Varianty výroby | 12 |
| 3 TECHNOLOGIE TAŽENÍ | 13 |
| 3.1 Velikost p řístřihu | 15 |
| 3.2 Sou činitel tažení, po četta h ůatažná v ůle | 16 |
| 3.3 Síla práce | 19 |
| 3.4 Maziva | 19 |
| 3.5 Technologičnost výtazku | 21 |
| 3.6 Nekonen ční metody | 22 |
| 3.6.1 Guerin | 23 |
| 3.6.2 Marform | 23 |
| 3.6.3 Hydroform | 24 |
| 3.6.4 Wheelon | 25 |
| 3.6.5 Hydromechanické | 25 |
| 3.6.6 Elektroh ydraulické | 26 |
| 3.6.7 Elektromagnetické | 27 |
| 3.6.8 Výbuchem | 27 |
| 4 ŘEŠENÍ VÝROBY-METODA GUERIN | 28 |
| 4.1 Návrh polotovaru | 28 |
| 4.2 Technologické výpo čty | 29 |
| 4.3 Výpo četsíly | 29 |
| 4.4 Stroj | 30 |
| 4.5 Nástroj | 32 |
| 4.6 Mazivo | 34 |
| 5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ | 35 |
| 6 ZÁV ĚRY | 36 |
| Seznam použitých zdroj ů | |
| Seznam použitých symbol ů a zkratek | |
| Seznam řloh | |

1 ÚVOD [1],[2],[9]

Tváření je operace, při níž je materiál uveden do plastického stavu účinkem vnějších zatížení a dochází ke změně jeho tvaru a vlastností. Plastický stav vznikne v okamžiku dosažení napětí namázejícího pro daný materiál. Nedochází zde k oděru a řezům. Výhodou je vysoká produktivita práce, dobrá rozměrová přesnost výrobků a vysoké využití materiálu. Mezi nevýhody se dají řadit vysoká cena nástrojů, strojů a určitá omezení z hlediska rozměrů konečného výrobku.

Tváření se dělí na objemové a plošné. Při objemovém nastává deformace ve směru všech tří os souřadného systému. Patří sem válcování, kování, tažení, protlačování. U plošného tváření převládá deformace ve dvou směrech. Jedná se o tažení, stříhání, ohýbání.

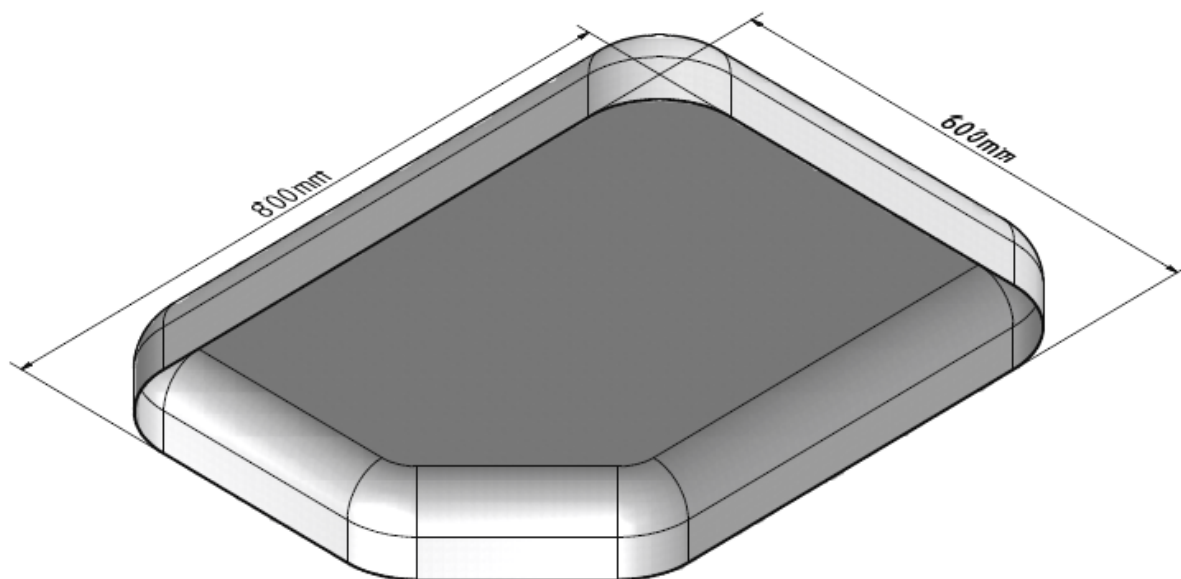
V tváření se používají konvenční a nekonvenční metody. Konvenční jsou klasicky používány ve velkosériové výrobě a většinou zaměřeny na jeden typ výrobku. Nekonvenční metody se využívají v výrobě výrobků obtížně tvaritelných, nebo malých sériových.



Obr.1–Příklady výrobků [10]

2 ROZBORSOU ČÁSTI [14]

Jedná se o víko kontejneru používané v chemickém průmyslu na uskladňování chemických látek. Sérievost je 20 kusů bez předpokladu další výroby. Počet vík, odpovídá počtu kontejnerů. Jsou kladeny požadavky na lesklost povrchu a odolávání víka chemickému prostředí. Vzhledem k požadavkům byla zvolena austenitická nerezová ocel 17240 (DIN 1.4301) o tloušťce 1 mm. Ocel je dobrá tváritelná za studena a leštitelná. Má velmi dobrou plasticitu a vysokou odolnost proti ztenčení stěny. Často se využívá na součásti azařízení, které jsou použity v chemickém a potravinářském průmyslu, například nádobní vyroběné hlubokým tažením a kovotlačitelně tvarované. Konkrétní rozměry jsou na výkrese BAK-DRA-01-2010 v příloze.



Obr.2–Součást

Tab.1 Mechanické vlastnosti materiálu [14]

| mezpevnosti R_m | mezkluzu $R_{p0,2}$ | tažnost A[50%] |
|-------------------|---------------------|----------------|
| 600MPa | 220MPa | 43 |

Tab.2 Složení materiálu [14]

| C | Mn | Si | S | Cr | Ni |
|-------|--------|--------|-----------|--------|---------|
| 0,07% | max.2% | max.1% | max.0,03% | 17-20% | 9-11,5% |

2.1 Variantní řešení

Zadaná součást se dá vyrobit několika způsoby:

- odlévání – odlévání litiny do taveného kovového podkladu připravené formy. Formu lze být písková, nebo kovová. Nerezový materiál se do pískové formy neodlívá. Lití nerezového materiálu je obtížné. Proto se doporučuje tlakové lití do kovové formy. Lití form se z ekonomického hlediska nevyplácí vyrábět, protože má výroba malou sériovou výrobu.
- svařování – spojování materiálu použitím materiálu pro řídavého. Nerezový materiál opožadovaný tloušťka 1 mm zsvařet. Pro nerezový kryt je svařování vhodné zejména zlití, jelikož je součástí rozměrnější velikosti. Vhodnou metodou je TIG. Zkratka TIG pochází z angličtiny, znamená Tungsten Inert Gas a symbolizuje svařování wolframovou elektrodou (tungsten je anglicky wolfram) v ochranné atmosféře inertního (Inert) plynu (Gas). Při použití svařování v kotejneru by se musel plech předem naohýbat. Pro tento vhodný svařování použít.
- konvenční tažení – obě části nástroje jsou kovové. To má vliv na velkou cenu nástroje oproti nekonvenčnímu tažení, kdy je jedna část nahrazena pružným médiem. Konvenční tažení se nejčastěji používá pro součásti o střední a velké sérii. Zadaná součást se vyrábí v malé sérii a není předpoklad dalšího vyrábění. Proto není z ekonomického hlediska výhodné použít konvenční tažení. Tažný nástroj by byl drahý.
- nekonvenční tažení – jedna část nástroje nahrazena pružným médiem. Používá se pro malé série. Lze bez problémů vyrobit i výrobky rozměrné v rozumné rozměrové přesnosti. Z důvodu univerzálnosti nástrojů a strojů nejsou vysoké náklady v porovnání s metodou konvenční.

Vzhledem k předloženým variantám, a s posouzením požadavků, nejlépe vyhovuje použití nekonvenčního tažení. Lze dodržet požadavek na lesklost povrchu a rozměry výrobku. Metody jsou univerzální, a proto z ekonomického hlediska bude tato výroba nejideálnější.

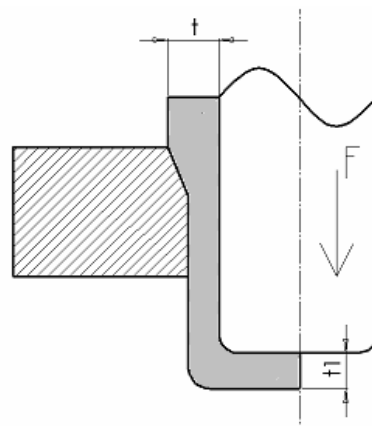
Při tažení existují dvě varianty. Se ztenčením stěny a bez ztenčení. Tažení se provádí bez ztenčení stěny, kdy je tloušťka přístřihu stejná, jako konečná tloušťka materiálu, nebo se ztenčením stěny. Při tomto způsobu se zmenší rozměry výrobku.

Původní tloušťka stěny se zmenší na t_1 .

tpůvodní tloušťka stěny

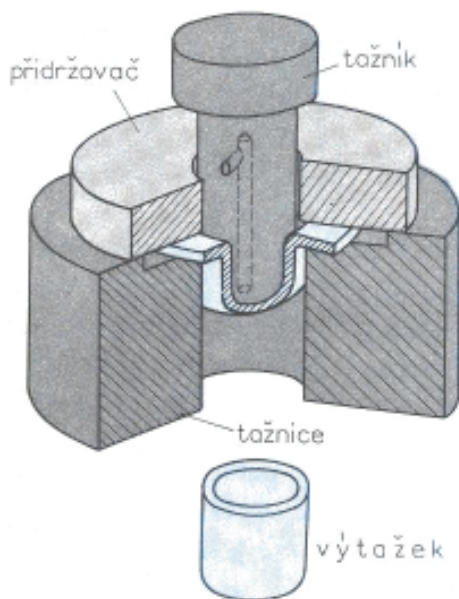
t_1konečná tloušťka stěny

Vzhledem k tomu, že není třeba redukovat tloušťku plechu se provede tažení bez ztenčení stěny.



Obr.3–Tažení se ztenčením stěny [9]

3 TEORIE TAŽENÍ [1],[2],[4],[6],[9]



Obr.4-Tažný nástroj[9]

Při tažení se přesouvá značný objem kovu. Jedná se o tvárnou deformaci. Přesunutý objem kovu je na obrázku znázorněn vyšrafovanými částmi. Tyl se snadno popsat základními geometrickými vztahy, z kterých se vyvodí vzorec:

$$V_p = S \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D - d)^2 \quad (3.2)$$

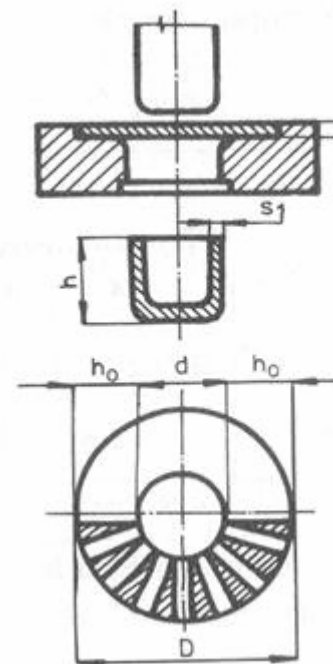
V_ppřesunutý objem

Splocha výstřížku

U tažení se vyjadřuje stupeň deformace porovnáním objemu přesunutého, k objemu deformovanému kovu.

$$E = \frac{V_p}{V_{def}} = \frac{(D - d)^2}{D^2 - d^2} = \frac{D - d}{D + d} \quad (3.3)$$

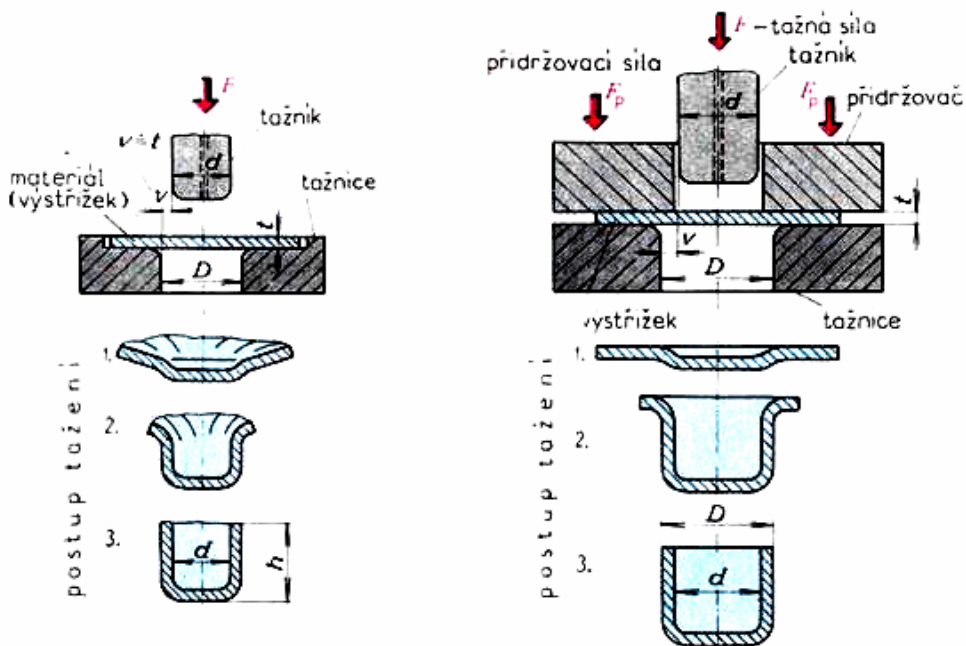
V_{def}deformovaný objem



Obr.5-Zákl.rozměry výtažku[9]

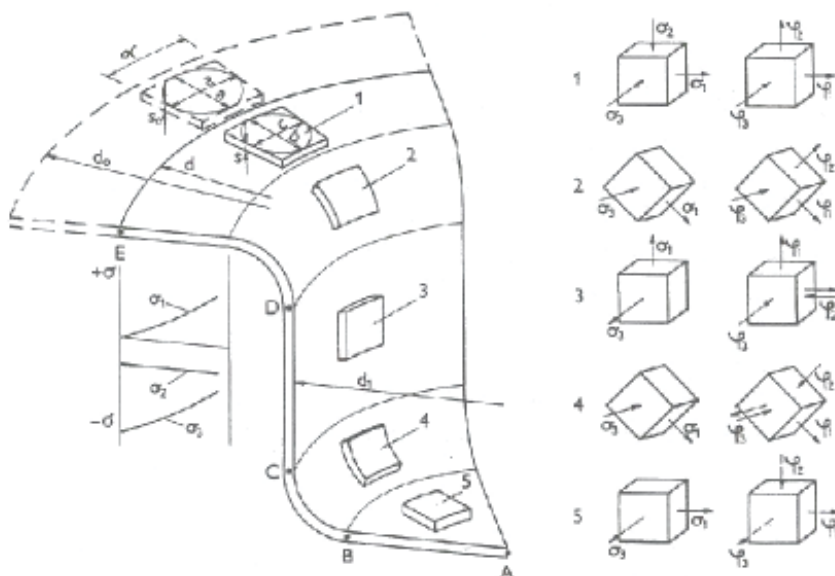
Při tvorbě výtažku se přesouvá a vytlačuje velký objem materiálu. Dochází k zvyšování výšky nádoby a zvětšování tloušťky stěny. Objem přesouvaného materiálu je znázorněn na obr. 5, v podobě vyšrafovaných trojúhelníků. Materiál postupuje z příruby do válcové části. Průměr přístříhu se zmenšuje a může dojít k zvlnění. Tento jev nastává při malém stupni tažení, nebo při velké tloušťce materiálu. Pokud je stupeň tažení větší, nebo se táhne přístříh z tenčího plechu, musí se použít přidržovač. Pod ním dochází k přetvoření materiálu a tím k růstu tloušťky stěny výtažku. Proto je nutné optimálně nastavit tlak přidržovače, který se pohybuje u ocelí v rozmezí 0,8 až 3 MPa a je závislý na tloušťce plechu, poměru tloušťky

Celkovousílup řidržovačem užemeur čitjakosou činm ěrnéhotlakua činnéplochy.



Obr.6–Schématažení[9]

Při tažení vzniká ve výtažku napjatost. Ta je vjedno tlivých místech rozdílná. Pod přidržovačemmateriál namáhántlakem vtangenciálním sm ěruakolmonapovrchp říruby, atahemvradiálním sm ěru(obr.7 číslo1).Vmíst ěp řechodup řestažnouhranumateriáluje namáhání tlakem vtangenciálním sm ěruaradiálním ohybem (obr.7 číslo2). Válcová část výtažku je natahována vjednom sm ěru (obr.7 číslo3). U dna výtažku je dvojosá, nebo



trojosá napjatost (obr. 7 číslo 4). Ve dñ ěp ůsobí malé nap ětí ve dvou sm ěrech (obr. 7 číslo 5). Pokud je nástroj bez p řidr ůova ěe, nevzn ík á uv ěta ůku tlak vt ěto jeho ěásti. Vtom p ř ípad ě jsou nejhorší podm ínky v ěásti dna v ěta ůku. Nast áv á zde velk ětahov ěnap ět íato má za d ůsledek zten ěování tlou ůt ěky plechu. M ů ůe dojít a ů kutr ůen ídna.

Obr.7-Napjatostp řitažení[9]

3.1 Velikost přístřihu [2],[6],[9],[12]

Velikost přístřihu lze určit pomocí vzorce. Vychází se ze zákona zachování konstantního objemu. Tloušťka se výtahu se vzhledem k tloušťce dna nemění. To znamená, že plocha přístřihu je rovná ploše povrchu výtahu.

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = S_v \quad (3.4)$$

kde S_v ... plocha výtahu

Ze vzorce (3.4) se dá přímo vyjádřit vzorec pro rozměr výchozího materiálu:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot S_v = 1,13 \sqrt{S_v} \quad (3.5)$$

Tímto způsobem lze spočítat velikost průměru přístřihu pro válcovou součást. Pokud je tvar součásti hranatý, používají se pro stanovení velikosti přístřihu různé grafické metody, výpočtové metody, nebo jejich kombinace. Vychází z toho, že plocha výtahu, stejně jako plocha na odstřižení, se rovná ploše přístřihu. Další možností je použití metody určování vhodného tvaru přístřihu zkusmo. V tomto případě se roh materiálu odstříhne a zaoblí. V místě rohů se ponechává více materiálu než je potřeba, protože okraj materiálu je nepravidelný a někdy také dochází k trhání materiálu. Z tohoto důvodu se velikost přístřihu stanovuje většinou početně, nebo graficky.

Dostanování velikosti přístřihu je důležité zejména pro vznik nerovných okrajů. Okraje se z důvodu přesných rozměrů výtahu po tažení odstříhne a vznikne tak ztráta materiálu. Z tohoto důvodu se při jednooperačním tažení musí připočítat přírůstek min. 3%. Pokud se tažení provádí více operacemi, tak se říká, že další operací tento přírůstek zůstane 1%.

3.1.1 Grafické řešení [9],[12]

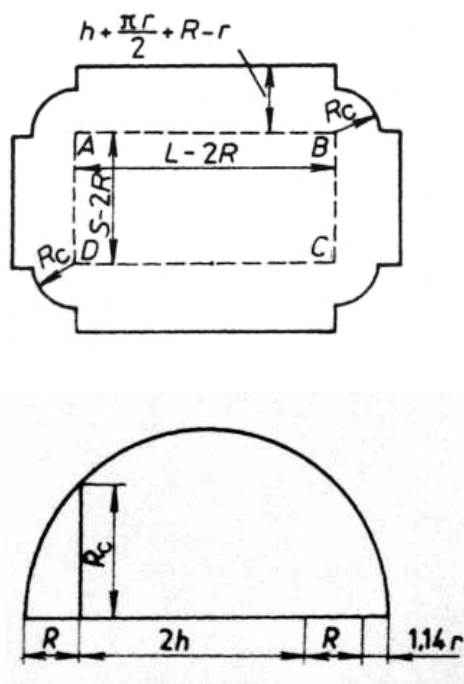
Pomocí poloměru kruhového přístřihu R_c lze stanovit celkovou plochu přístřihu.

$$R_c = \sqrt{2R \cdot h + R^2 + 1,14R \cdot r} \quad (3.6)$$

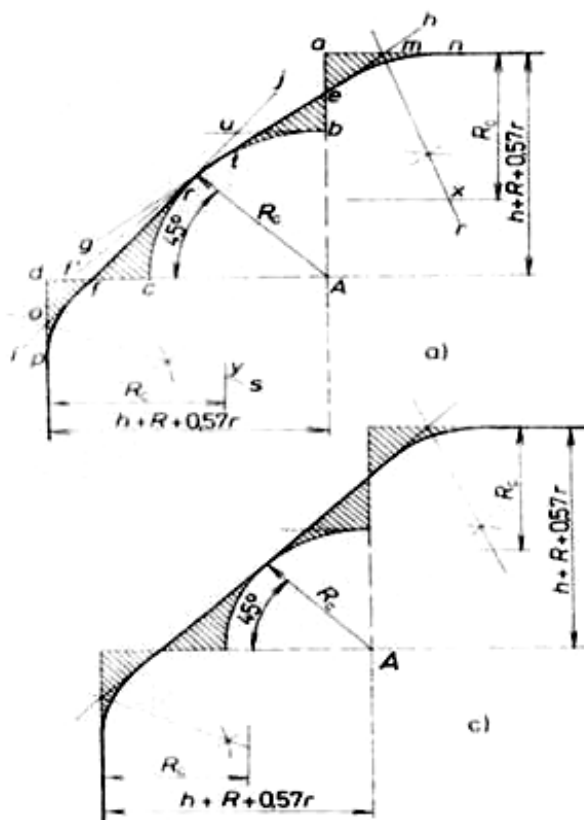
Po určení velikosti poloměru R_c se dá nakreslit obdélník (čárkovaně) v měřítku 1:1. Obdélník představuje plochu částí výtahu a jeho rozměry jsou dány obecnými kótami, které jsou uvedeny na obr. 8. Prodloužením jeho stran nad body A, B, C, D o hodnotu h' , která se spočítá použitím vzorce (3.7), se získá tvar přístřihu pro obdélníkový výtah. Zatím je to tvar bez rohových částí.

$$h + \frac{\pi \cdot r}{2} + R - r \cong h + R + 0,57 \cdot r \quad (3.7)$$

Následuje opsání čtvrtkružnice o poloměru R_c , a to z bodů A, B, C, D. Tím se vytvoří teoretický tvar přístříhu se správným množstvím kovu pro tažení. Ještě se ale nedá použít, protože materiál při tažení uniká do stěn, které jsou namáhány pouze ohybem. Vrožičby se materiál nedostáválo avestěnách by zase přebýval. Proto je nutné ještě zaoblit přechody. To se dělá poloměrem, jak je vidět na obr. 9. Mohou vzniknout tři základní tvary rohů přístříhu. Dělí se podle poloměru hodnot R' , r' , h' . Tatografická metoda pomocí černých posunů tvaru přístříhu. Používá se ale pouze pro tenké plechy, a to z důvodu stejnoměrných posunů povrchových a vnitřních materiálů u tlustších materiálů.



Obr.8-Teoretický tvar přístříhu, stanovení R_c [12]



Obr. 9 – Konstrukce tvaru rohu přístříhu u nerotacích výtažků [12]

3.2 Součinitel, po čtáhů, tažná vůle [2], [4], [6], [9], [12]

Součinitel tažení závisí na druhu materiálu, poměrné tloušťce, na předchozím zpevnění, tvaru výtažku, tlaku při držovače, tažné rychlosti, mazání a hlavně na geometrii tažného nástroje. Obecně je snaha provádět tažení na co nejmenší počet operací a to buď na jednu operaci, nebo několik. Kolik operací je nutné provést, se dá zjistit z poměru výšky k průměru tažené součásti. K zjištění maximální deformace na jedné tah se používá součinitel tažení. Ten se pro první tah vypočítá takto:

$$m = \frac{d}{D} = \frac{1}{K} \quad (3.8)$$

kde...součinitel tažení
K....stupeň tažení

Součinitele tažení pro válcové nádoby jsou uváděny v tabulkách. Pokud se jedná o jiné tvary, stanovuje se součinitel tažení podle místa, kde poměrná hloubka a zakřivení stěny dosahují maximálních hodnot. Jestliže je třeba určit maximální možné deformace v jednom tahu, využívá se postupného tažení. Její možnou četnost a pořadí operací.

Pro celkový stupeň tažení platí:

$$K_c = \sum_{i=1}^n K_i = \frac{D_0}{d} \quad (3.9)$$

K_c celkový stupeň tažení

K_i stupeň tažení v první až n-tém tahu

$$K_1 = \frac{D_0}{D_1} \quad (3.10)$$

D_1 průměr řístřihu po prvnímu tahu [mm]

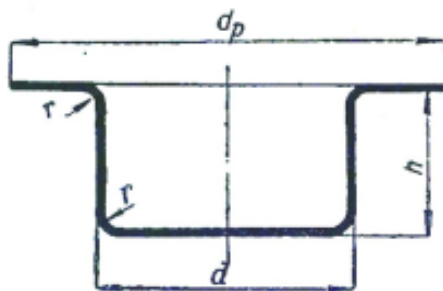
$$K_2 = \frac{D_1}{D_2} \quad (3.11)$$

D_2 průměr řístřihu po druhém tahu [mm]

Tab.3 Dovolené stupně tažení pro válcové výtažky bez příruby [6]

| Dovolný stupeň tažení | Poměrná tloušťka polotovaru $\frac{t}{D} \cdot 100$ | | | | | | |
|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| | 2,0 až 1,5 | 1,5 až 1 | 1 až 0,6 | 0,6 až 0,3 | 0,3 až 0,15 | 0,15 až 0,08 | |
| K_{1D} | 2,08 až 2 | 2 až 1,89 | 1,89 až 1,82 | 1,82 až 1,72 | 1,72 až 1,67 | 1,67 až 1,58 | |
| K_{2D} | 1,37 až 1,33 | 1,33 až 1,31 | 1,31 až 1,28 | 1,28 až 1,26 | 1,26 až 1,25 | 1,25 až 1,22 | |
| K_{3D} | 1,31 až 1,28 | 1,28 až 1,26 | 1,26 až 1,25 | 1,25 až 1,23 | 1,23 až 1,22 | 1,22 až 1,20 | |
| K_{4D} | 1,28 až 1,25 | 1,25 až 1,23 | 1,23 až 1,22 | 1,22 až 1,20 | 1,20 až 1,18 | 1,18 až 1,16 | |
| K_{5D} | 1,25 až 1,22 | 1,22 až 1,20 | 1,20 až 1,18 | 1,18 až 1,16 | 1,16 až 1,15 | 1,15 až 1,14 | |
| K_{1D} | 2,08 až 2 | 2 až 1,89 | 1,89 až 1,82 | 1,82 až 1,72 | 1,72 až 1,67 | 1,67 až 1,58 | |

Utažení součástí, která má širokou přírubu, součinitel prvního tahu K_1 , ze vzorce (3.8), nedává správnou představu o celkovém přetvoření. Tato závislost se totiž zachovává pro libovolnou hloubku tažení z polotovaru průměru D a lze ji vztáhnout k libovolné mezilehlé poloze. Chybí geometrická podmínka konce přetvoření, jakou je přechod celého plochy příruby do válcové nebo čí plochy utažení bez příruby. Pokud jsou poloměry zaoblení výtažku stejné, dá se použít označení z obr. 10 a vyjádřit celkový stupeň tažení K_c .



Obr.10 - Rozměry výtažku s přírubou [4]

$$K_c = \frac{1}{m} = \sqrt{\left(\frac{d_p}{d}\right)^2 + 4\frac{h}{d} - 3,44\frac{r}{d}} \quad (3.12)$$

kde $\frac{d_p}{d}$ poměr průměru příruby

$\frac{h}{d}$ poměr hloubky zářezů

$\frac{r}{d}$ poměr poloměru zaoblení dnů příruby

Vliv prvního členu ve vzorci (3.12) je ale mnohem větší než vliv následujících dvou členů. Při prvním tažení válcovitých součástí se širokou přírubou platí závislost, a proto musí být dovolený celkový stupeň deformace vyjádřen pro každý poměr $\frac{d_p}{d}$.

Tab.4 Poměrná hloubka prvního tažení /d pro válcovité součásti s přírubou [4]

| Poměrný průměr příruby $\frac{d_p}{d}$ | Poměrná tloušťka plechu $\frac{t}{D} \cdot 100$ | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| | 2,0 až 1,5 | 1,5 až 1 | 1 až 0,6 | 0,6 až 0,3 | 0,3 až 0,15 | |
| Do 1,1 | 0,90 až 0,75 | 0,82 až 0,65 | 0,70 až 0,57 | 0,62 až 0,5 | 0,5 až 0,45 | |
| 1,3 | 0,8 až 0,65 | 0,72 až 0,56 | 0,6 až 0,5 | 0,53 až 0,4 | 0,5 až 0,4 | |
| 1,5 | 0,7 až 0,58 | 0,63 až 0,5 | 0,53 až 0,45 | 0,48 až 0,4 | 0,4 až 0,35 | |
| 1,8 | 0,58 až 0,48 | 0,53 až 0,42 | 0,44 až 0,37 | 0,39 až 0,34 | 0,35 až 0,29 | |
| 2 | 0,51 až 0,47 | 0,46 až 0,36 | 0,38 až 0,32 | 0,34 až 0,29 | 0,30 až 0,25 | |
| 2,2 | 0,45 až 0,35 | 0,4 až 0,31 | 0,33 až 0,27 | 0,29 až 0,25 | 0,26 až 0,22 | |
| 2,5 | 0,35 až 0,28 | 0,32 až 0,25 | 0,27 až 0,22 | 0,23 až 0,2 | 0,21 až 0,17 | |
| 2,8 | 0,27 až 0,22 | 0,24 až 0,19 | 0,21 až 0,17 | 0,18 až 0,15 | 0,16 až 0,13 | |
| 3 | 0,22 až 0,18 | 0,20 až 0,16 | 0,17 až 0,14 | 0,15 až 0,12 | 0,13 až 0,1 | |

Tažná válečná tažení velice důležitá. Používá se zabránění přehřívání materiálu. Proto se velikost tažné mezery z_m volí větší, než je tloušťka plechu. V případě kalibrace je však tažná mezera stejná jako tloušťka plechu. Pro stanovení velikosti tažné mezery se používá vztah:

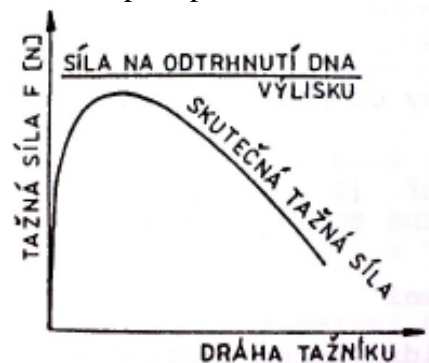
$$z_m = (1,2 \div 1,3) \cdot t_o \text{ [mm]} \quad \text{-pro první tah} \quad (3.13)$$

t_o tloušťka plechu [mm]

$$z_m = (1,1 \div 1,2) \cdot t_o \text{ [mm]} \quad \text{-pro další tahy} \quad (3.14)$$

3.3 Síla práce [2], [3], [4], [9], [17]

Tažná síla se dává v podstatě určovat dvěma způsoby. Jedním je teoretický způsob druhý praktický. Teoretický je založen na zákonech teorie tvárnosti a také na určování skutečných napětí v určitém okamžiku tažení. Praktický způsob vychází z přibližných a empirických vzorců. Ty se sestavují podle středních, nebo pokusných hodnot odporu proti deformaci. Obecně jsou ale matematické vztahy pro výpočet síly komplikované, a proto se pro výpočet dochází k jejich zjednodušení. Praktické zjednodušené vzorce vycházejí z toho, že dovolené napětí v kritickém průřezu musí být menší, než napětí na mezi pevnosti daného materiálu. To znamená, že nikdy nemůže být největší tažná síla větší, než síla potřebná k utržení dna výtažku. Proto se v praxi používá zjednodušený empirický vzorec ke stanovení maximální síly (síla, při které by se utrhlo dno výtažku).



Obr. 11 – Příklad tažné síly [2]

$$F_{tv} = C \cdot t_0 \cdot o \cdot R_m \text{ [N]} \quad (3.15)$$

kde Csoučinitel vyjadřující vliv součinitele tažení m'
 ostřední obvod součásti [mm]
 R_mmez pevnosti materiálu [MPa]

Velikost práce při tažení se vypočte:

$$A = C_1 \cdot F_t \cdot h \quad (3.16)$$

C_1koeficient zaplnění plochy

3.4 Maziva [2], [4], [6], [9]

U procesu tažení je velice důležité i mazání. Dochází tím ke zmenšení tření mezi materiálem a nástrojem. To snižuje tažnou sílu. Mazání má také vliv na zmenšení napětí v kovů, ochrání výrobek před škrábanci, před pováním a zvěřením. Je vhodné mazat především pouze ze strany tažnice, protože ze strany tažníku by měl být třecí odpor co nejmenší.

Při tažení se používají několik druhů mazacích kapalin. Jsou založeny na různých bázích:

- a) na bázi viskózního rafinovaného, nearomatizovaného parafinického ropného destilátu
- b) na bázi syntetického základového oleje s nízkou viskozitou a rychlou odporností
- c) lehké odpařitelné kapaliny, které se potávají na dno a vytvářejí tenkou vrstvu

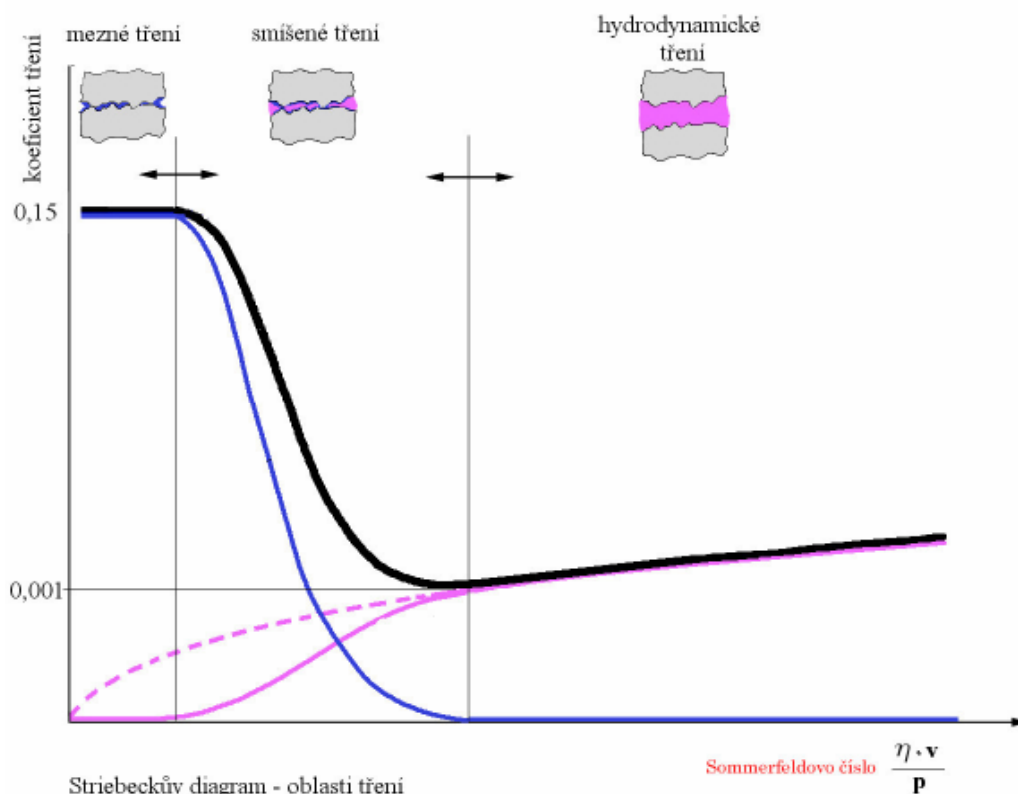
Aby byla zajištěna dobrá mazací schopnost, emulgační schopnost, smáčivost a ochrana výrobku, jsou báze doplněny přísadami.

Maziva musí mít zaručené tyto vlastnosti:

- a) vytvořit stejnoměrnou a pevnou vrstvu, která vydrží značné tlaky
- b) dobře přilnout k materiálu i tažníku
- c) nesmí chemicky nebo mechanicky poškodit povrch nástroje a součástí
- d) snadno odstranit z povrchu úpotažení
- e) být neškodné a chemicky odolné

Z technologického hlediska by se měly dodržovat některé zásady:

- tolerovat rozměry tak, aby se výtahy již nemusely kalibrovat
- co nejmenší výška výtahu
- co nejvíce zaoblit rohy uhranatých výtahů
- volit materiál, který má dobré tažné vlastnosti
- upřesnit rovinnost a tvar činit výtah srovnáním
- jen v nevyhnutelných případech používat výtahové řubny



Obr.12-Striebeckův diagram [9]

Maziva pro nerez oceli používaná při tažení musí splňovat určité požadavky. Nesmí reagovat s povrchem nástroje, nebo součástí, vytvořit stejnoměrnou a pevnou mazací vrstvu, dobře přilnout k tažnímu materiálu, po tažení se dle potřeby snadno odstranit.

Vzhledem k požadavkům se pro nerez oceli používá směs v řetenového oleje, grafitu, mýdla a vody, nebo polyvinylchloridový lak. Pro lehké operace dává využití kukuřičný, nebo ricinový olej, navoskovaný, nebo naolejovaný papír. Při středně těžkých operacích se využívá tuhého vosku, nebo suspenze práškového grafitu. U těžkého tažení nerezového plechu je využíván minerální olej s vyšší konzistencí.

Tab.5P řehledmazivpoužívanýchp řítaženínéželeznýchkov ůanerezocelí[4]

| Kov | Druh maziva |
|----------------------|--|
| Hliník | Rostlinný olej, technická veselina |
| Dural | Emulze rostlinných olejů |
| Měď, mosaz, bronz | Řepkový olej, nebo mýdlo-olejová emulze (směs oleje se solným mýdlovým roztokem) |
| Nikl a jeho slitiny | Mýdlo-olejová emulze |
| Nerez ocel | Kašovitá směs v řetenové hooleje, grafitu, mýdla a vody; polyvinylchloridový lak |
| Žáruvzdorná ocel | Asfaltová živice + 50% oxidu železného a petrolatu; polyvinylchloridový lak |
| Titan a jeho slitiny | Fosfatová vrstva nasazená na vrstvu grafitového maziva; pomědění |

3.5 Technologičnost [6],[12]

Součást, vyráběná technologií tažení, musí být konstruována s přihlédnutím k několika technologickým zásadám. Tyto zásady přímo ovlivňují vzhled výtahku a jeho přesnost. Jedná se především o tyto činitele:

- tvar výtahku by měl být co nejjednodušší, protože složitější tvary zvyšují počet operací a zvyšují cenu výroby a snižují životnost nástroje
- je třeba volit co nejmenší výšku výtahku, protože každé zvýšení vede k zvýšení počtu operací
- maximální rozdíl v tloušťkách stěn jsou 20 až 30%
- je nutné počítat s tím, že je okraj výtahku nerovný a bude potřeba dále řízení
- konstruovat trubky jen v případech, kdy je to opravdu nutné
- obrys trubky na velkých a středně velkých výtahcích by měl být co nejvíce podobný tvaru obrysu výtahku
- poloměry nelze libovolně měnit. Závisí na technologii tažení
- v místech velkého řetvoření už dochází k zdrsňování plechu
- tolerance na výtahku volit tak, aby nemusely být změny kalibrovány
- hranaté výrobky je třeba velt maza oblit. Především rohy
- u odstupňovaných výtahků by měly být přechody skloněné pod úhlem 45° a kuželové hotvaru
- na výtahku by měly být velké plochy vyztužené prolisy. Mezi dvěma prolisy by měly být rozestupy minimálně trojnásobek šířky prolisu

3.6 Nekonvenční metody [4],[6],[7],[10],[11],[15],[16]

V malosériové výrobě se využívá především nekonvenčního způsobu tažení. Pokud by se například nevyplatilo z ekonomického hlediska použít konvenční způsob. Nekonvenční metody jsou využívány především v výrobě součástí, které by konvenčním způsobem vyrobit nešla.

U nekonvenčních metod tažení je jedna část nástroje nahrazena kapalinou, nebo elastomerem. Elastomer může být pryž, nebo polyuretan. Podle použitého pružného média rozlišujeme různé druhy metod:

- guerin
- marform
- hydroform
- wheelon
- hydromechanické tažení
- elektrohydraulické
- elektromagnetické
- výbuchem

Při plošném tváření u nekonvenčních metod se jako nástroj používá polyuretan, který nabízí kombinaci pružnosti, zároveň velké pevnosti v natržení a vysokou odolnost vůči úderu a vzdornost. Plní také vysoké nároky na spolehlivost i při velkém dynamickém zatížení a v prostředí vyžadujícím dobrou odolnost proti oděru. Polyuretan vykazuje vysokou stálost v minerálních olejích, benzínech, ropných produktech, ozonu a řadí se mezi samozhášecí materiály. Lze ho při vyšších tvrdostech třískově obrábět a také se dá spojovat s kovy. Vyrábí se v různých barevných kombinacích a tvarech. Nejčastěji se používají barvy žlutá, hnědá, zelená, modrá a červená. Tímto firmou rozlišují tvrdosti polyuretanů. Pro příklad je uvedeno v tab. 6 a tab. 7 označení polyuretanů firmami VSS s.r.o. a VMPLAST s.r.o.

Tab. 6 Označení polyuretanů VSS s.r.o. [15]

| Typ polyuretanu Tvrdost °Sh | Barva |
|--------------------------------|------------|
| 15/80 | zelená |
| 15/90 | žlutohnědá |
| 44/65 | červená |
| 44/80 | modrá |
| 44/90 | žlutá |
| 44/93 | žlutá |
| 44/95 | žlutá |

Tab. 7 Označení polyuretanů VMPLAST s.r.o. [16]

| Typ polyuretanu Tvrdost °Sh | Barva |
|--------------------------------|------------|
| 15/65 | hnědá |
| 44/65 | hnědá |
| 15/80 | zelená |
| 44/88 | zelená |
| 15/90 | žlutohnědá |
| 44/99 | žlutohnědá |
| 15/95 | žlutohnědá |
| 44/95 | žlutohnědá |

Výhody při využití tváření pružným prostředím jsou:

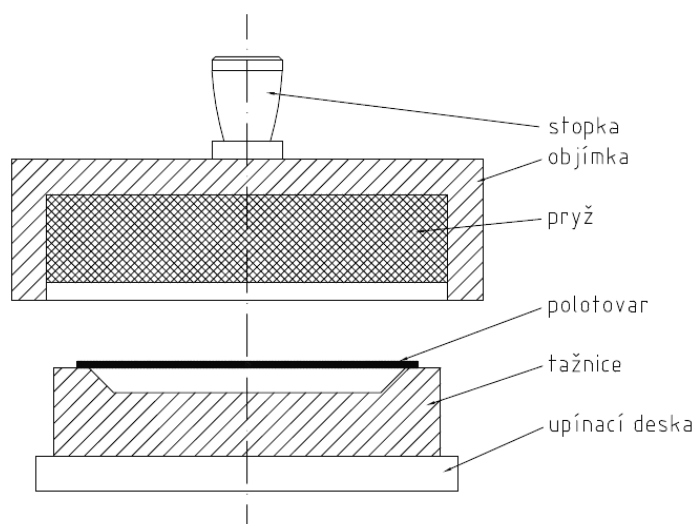
- netvoří se stopy po nástrojích, takže mohou být tváření součástí dokonalým povrchem
- stačí konstruovat pouze jednu část nástroje. Tažník, nebo tažnici
- na jednom stroji se mohou tvářet materiály různých tloušťkách
- není nutné tak přesně nastavit ředění nástrojů jako u konvenčních metod tažení
- čas potřebný na nastavení stroje je nižší než u konvenčních metod

3.6.1 Guerin [4],[7],[9]

Metoda Guerin je vhodná nejen pro tažení, ale také pro stříhání a ohýbání. Je to nejstarší a nejjednodušší metoda tohoto druhu tažení. Principem metody je použití ocelové skříňky, v které je pryž. Při stříhání se používá několik vrstev, zatím co u tažení se používá jeden monoblok. Pryž má tvrdost 50 až 75 ShA a musí mít výšku alespoň 1/3 větší, než je výška výtazku. Prostříhání je tvrdost pryže vyšší a pro tažení nižší. Ocelová skříň nahrazuje tažník nebo tažnici. Nástroj pro tažení se vyrábí z oceli, litiny, oceli, nebo slitin lehkých kovů. Čím větší série, tím tvrdší materiál. Touto metodou lze jednoduše vyrobit rovné i křivé roury o dostatečné šířce. Úhly pírur lze vytvářet u měkkých materiálů s přesností $\pm 1^\circ$, u tvrdých je třeba toleranci navýšit na $\pm 5^\circ$.

Nástroj se umísťuje do hydraulického lisu, kde se provádí vlastní tažení.

Výhodou této metody je, že na výrobku nezanechává žádné stopy. Nevýhodou je relativně nízká životnost pryže a nutnost použití velkých sil, i když tím vytvořený tlak působí kladně na zvýšení plasticity tvářeného materiálu.



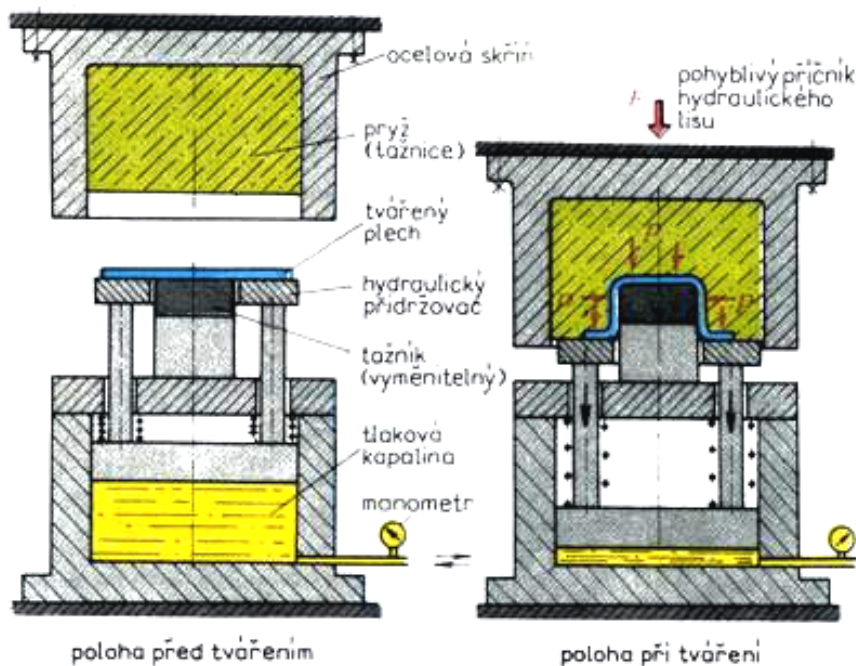
Obr.13–Schéma metody Guerin[6]

3.6.2 Marform [4],[7],[9]

Metoda Marform je vyvinuta vylepšením systému Guerin, ke kterému je přidán hydraulicky ovládaný pírídřovač. Pírídřovač bývá vyroben z nízkouhlíkových ocelí a jeho povrch je zušlechtěn a leštěn z důvodu zmenšení tření. To má dobrý vliv na jakost povrchu výtazku. K regulaci tlaku v pírídřovači se používá pírěpouštěcí ventil. Kvůli došlo především kvůli nedostatku možností tažení metodou Guerin. Metoda Marform je využívána i pro hluboké tažení ocelových i nezelezných plechů. Také se jí dají vyrábět složitější tvary součástí. V konstrukci nástroje je rozdíl ve vrstvě pryže, která musí být v případě metody Marform alespoň trojnásobná, než je výška výtisku. Větší vrstva pryže je použita proto, aby nedocházelo ke ztrátě elasticity a prodloužil se tak životnost nástroje. Při vlastním tažení dochází k dosednutí pryže na materiál. Ten je umístěn na pírídřovači. Dojde k navýšení tlaku. Tažník zůstává nehybný, ale pírídřovač je stačován pryží a klesá dolů. Tím dochází k tvarování pírístřihu podle negativního tvaru tažníku. Sílu pírídřovače je možno regulovat pomocí škrticího ventilu.

Mezi otvorem v pírídřovači a tažníkem musí být vůle. Ta by měla být od 0,75 mm do 1,5 mm.

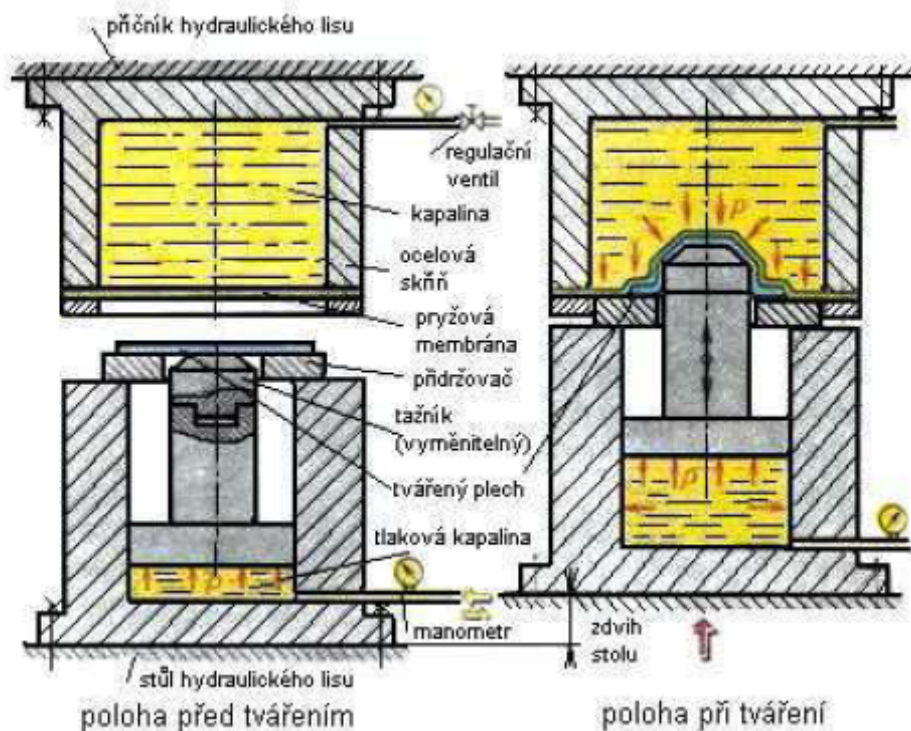
Nevýhodou této metody, je jakou předchází metoda Guerin, potřebavětší síly k tažení.



Obr.14–SchémametodyMarform [9]

3.6.3 Hydroform [4],[6],[7],[9]

Metoda Hydroform je vhodná pro hluboké tažení. Tažnice je nahrazena kapalinou, kterou uzavírá pryžová membrána. Před tažením je pístřih položen na přidržovači. Při tažení je tažník vtlačován kapalinou do pístřihu a pístřih na membránu. Membrána v tomto případě zastává funkci přidržovače, aby nedošlo ke zvlnění okrajů pístřihu a působí tlakem proti tažníku. Hydrostatický tlak, který lze regulovat škrtícími ventily, vyvolává kapalinu v ocelové skříni za membránou. Pryžová membrána má životnost asi 5000 až 10000 kusů.



Obr.15-SchémametodyHydroform[9]

3.6.4 Wheelon [7],[9]

Ktažení zde dochází pryží, která je tlačována kapalinou v pryžovém vaku. V kapalině se dosahuje tlaku až 45 MPa. Tažník a vak jsou umístěny v tažném nástroji. Tažný nástroj je válcového tvaru. U metody tažení wheelon lze vytvářet více součástí najednou při jedné operaci. Počet je omezen jen velikostí nástroje. Jako materiál tažníku je využíván hliníkový a zinková slitina. Obdobně jako ostatních metod musí být povrch tažníku co nejvíce hladký. Také je důležité zaoblení hran a rohů. Zaoblením se prodlužuje životnost pryže.

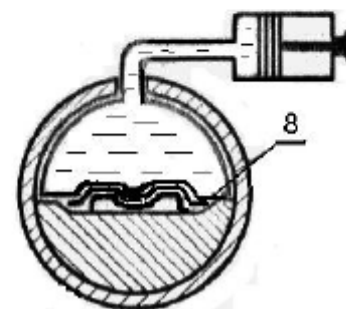
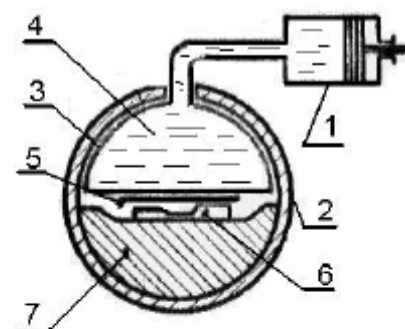
Schématiké znázornění je na obr. 14. Horní část obrázku znázorňuje situaci před tažením a spodní situaci po tažení. Zařízení se skládá z tlakového válce (1), objímky (2), gumového vaku (3), tlakové kapaliny (4), pístu (5), tažníku (6), základové desky (7). Výtažek je pod pozicí (8).

Výhodou této metody je možnost vyrobit součást, která by byla vyrobená metodou Guerina s velkou složitostí a dle operace, jen jednou operací.

Metoda wheelon je vhodná pro letecký průmysl. Dají se jí vyrábět součásti v malé sérii, které jsou větších rozměrů. V České republice ji využívá například firma Aero Vodochody, která metodou Wheelon vyrábí části letadel. Obecně je tato metoda vhodná pro letecký průmysl a její využívání pocelému.



Obr. 16 – Komorový lis pro tažení metodou Wheelon [13]



Obr. 17 – Schéma metody Wheelon [13]

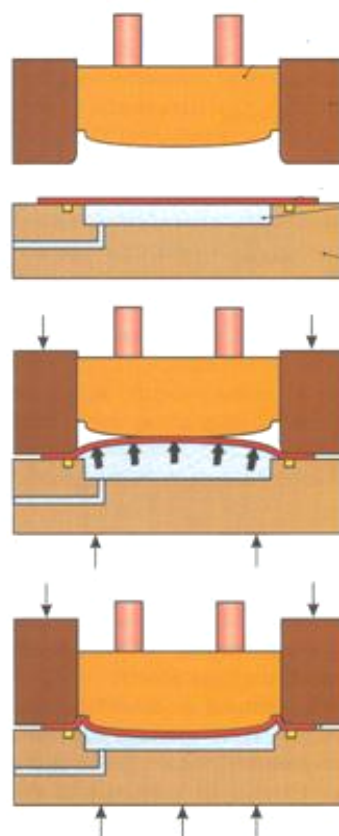
3.6.5 Hydromechanické [2],[4],[6],[7],[9]

Hydromechanické tažení se provádí ve třech krocích. V první fázi se uzavírá píst držovač a pod spodní část pístu se dostane tlaková kapalina. Tím se vodotěsně uzavře plech. Tlaková kapalina je nejčastěji emulze (olej, voda, mýdlo). V druhé fázi kapalina působí na plech a dojde k jeho vyboulení proti tažníku. Nastane třetí fáze. Plech je stále držován ze spodní strany působí tlaková kapalina. Při tomto se zvrchtní část pístu vtačí do tažníka tím dochází k tvarování materiálu podle jeho negativního otvaru.

Nevýhodou metody je nutnost zvýšit sílu p řidržovače, zdůvodu utěsnění tlakového prostoru. Je zde dosahováno tlaků kapaliny až 100 MPa, a proto je nutné použití vysokotlakých hydraulických prvků utěsnění.

Výhody hydromechanické metody:

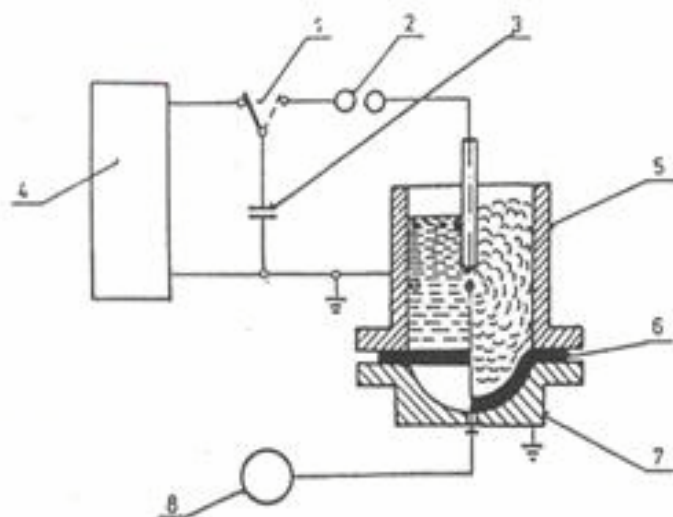
- snížení tahového napětí asi o 20 až 30% oproti jiným metodám.
- nepracuje se zde s žádnou membránou, což řeší problém životnosti.
- z hlediska technologického postupu není omezena výška výtažku.
- možnost tažení tvarově složitějších výtažků. Například parabolické, nebo kuželové tvary.



Obr.18–Schéma hydromechanického tažení [9]

3.6.6 Elektrohydraulické [9]

Metoda elektrohydraulického tváření se nejčastěji používá k tažení výlisků z plechu. Technologie je založena na elektrickém výboji mezi elektrodami. Elektrody jsou ponořeny v kapalině a mají regulovanou vzdálenost. Přítok vzdálenosti se přeměňuje elektrickou energii na tlak, záření a teplo. Tím vznikne v kapalině rázová vlna, která táhne materiál.

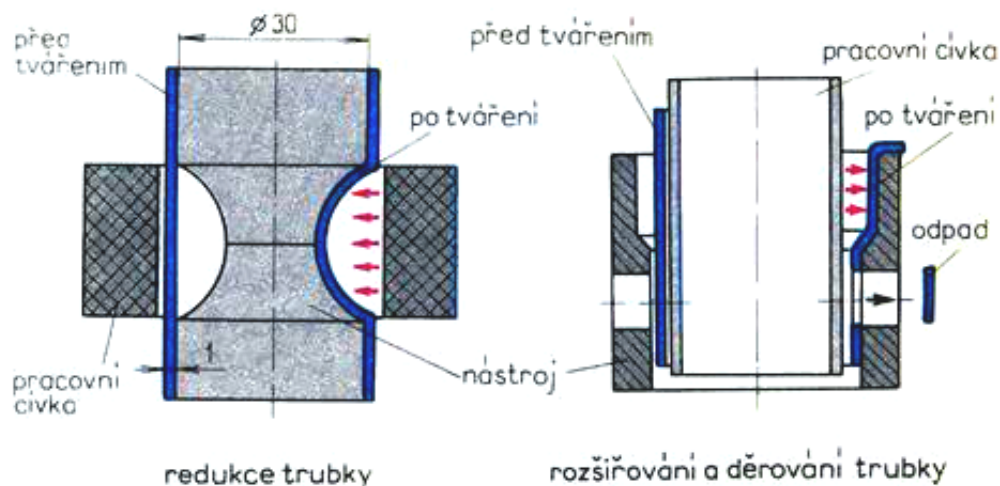


- 1–přepínač,
- 2–jiskřiště,
- 3–kondenzátory,
- 4–napájení,
- 5–přidržovač,
- 6–plech,
- 7–lisovnice,
- 8–vakuové čerpadlo.

Obr.19-Elektrohydraulické tažení [9]

3.6.7 Elektromagnetické [9]

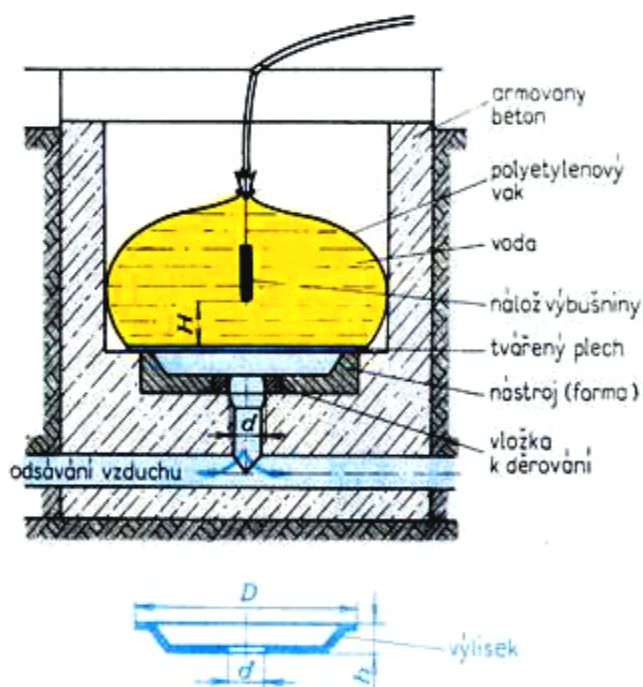
Elektromagnetické tažení je založeno na účinku dvou nesouhlasných a odpudivých magnetických polí. Tyto pole jsou v tvářeném materiálu, který je vodivý, a v cívce. Vzniká zde tlakový účinek od magnetického pole a tím dochází k vlastnímu utažení. Energií k tvářeni lze přesně ovládat a nastavit.



Obr.20-Elektromagnetické tažení[9]

3.6.8 Výbuchem [9]

Při nekonvenčním tažení výbuchem tvářený materiál tlaková vlna od exploze. Výbuchem je nahrazena síla rychlostní. Rychlost tváření je nad 250 m/s. K porovnání konvenčních metod je rychlost tváření 10 až 30 m/s. Před tvářením se umísťuje výbušnina, která se položí přímo na materiál, nebo se umístí do prostředí, které šíří tlakovou vlnu. Čím větší je množství výbušniny, nebo hustota prostředí, které tlakovou vlnu přenáší, tím větší je účinek. Jako prostředí se používá písek, hlína, vzduch, nebo voda. Výtažek má po tváření přesný tvar a nedochází skoro k žádnému odpružení. Tímto tažením lze tvářet i materiály, které se tvářejí velmi obtížně. Rychlosti zatěžování jsou kolem 1000 m/s a tlaky kolem 10000 MPa.



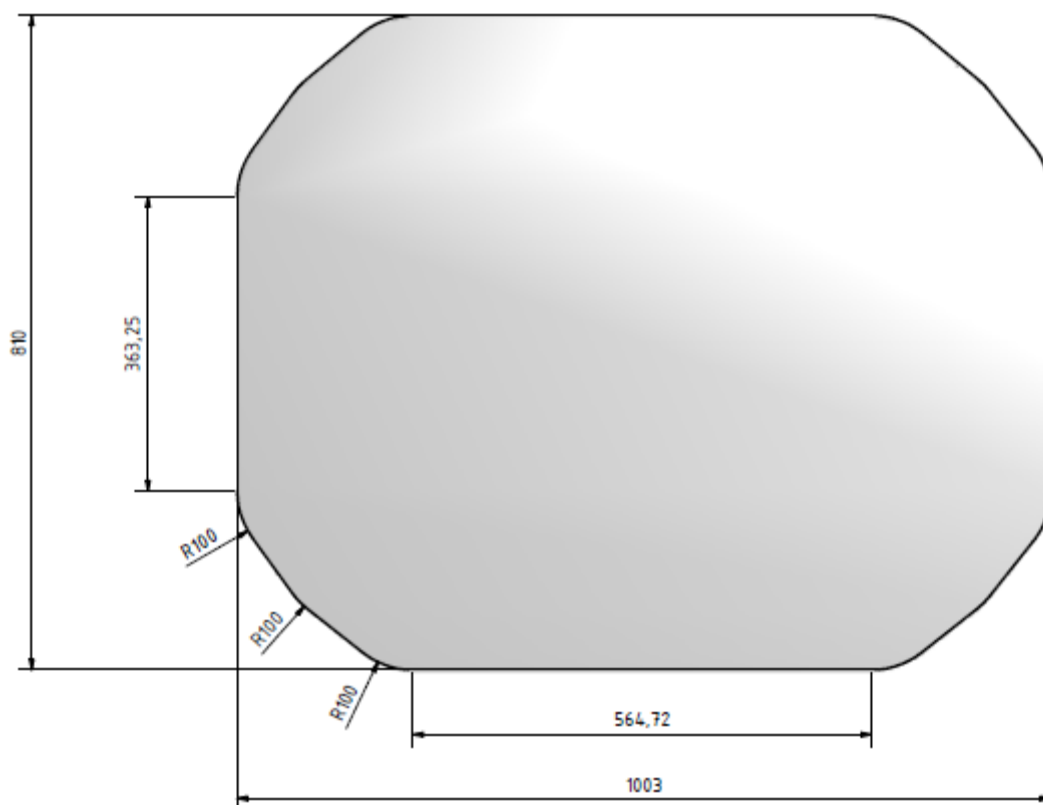
Obr.21-Tažení výbuchem[9]

4NÁVRHTECHNOLOGIEVÝROBY

Zroborunekonvenčníchmetodbylavzhledemkpožadavkůmnasoučástvybránametoda tažení.Součástbudevyráběnavmalémupočetkusuů,nenípředpokladdalšívýroby,aprotose ztěchto metodtažení,zvolím metodaGuerin.Jejednoducháadasejídociítisprávněhotvaru součásti, požadovaného povrchu a vyhovujezhlediskaekonomického. Proto na ní budou zaměřenytechnologickévýpočty.

4.1Návrhpolotovaru

Polotovarem bude přístřih z nerezového plechu určený grafickou metodou. Součást je složitější tvaru, a proto je graficky řešen přístřih bez zkosení. Roh přístřihu se odstříhne. Přístřihbudemítzákladnírozměry1003mmx810mm.



Obr.22–Přístřih

Navýrobu přístřihusepoužijetabulovýplech,jelikožsviteknení při malé sérii výhodný. Povrch přístřihu: (spočítáno programem Inventor) 749 850 mm². Firma lega s.r.o. dodává plechyoklasickýchrozměrech1000x2000mm,1250x2500mm,1500x3000mm.Cena1kg austenitickénerezovéocelisenatrhupohybujeokoło75KčbezDPH.

Využitíplechuspočítámevzorcem:

$$\text{využití} = \frac{S_{\text{výr}}}{S_{\text{tab}}} \cdot 100 \quad (4.17)$$

$S_{\text{výr}}$ plochavýrobku[mm²]

S_{tab} plochatabule[mm²]

Ztabule 1000x2000mm sedává vyrobí 1 ksp řístřihu.
 Ztabule 1250x2500mm sedávají vyrobí 2 ksp řístřihu.
 Ztabule 1500x3000mm sedávají vyrobí 3 ksp řístřihu.

pro tabuli 1000x2000mm:

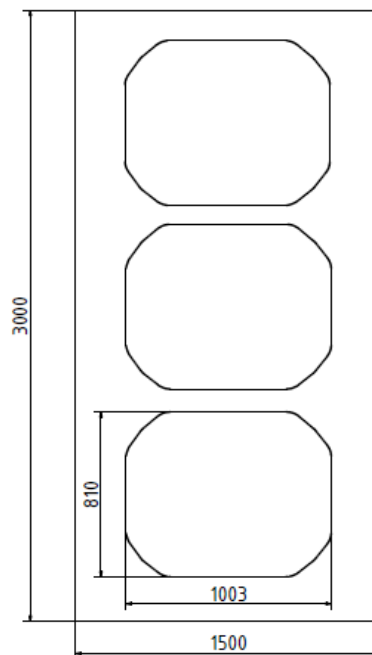
$$využití = \frac{749850}{2000000} \cdot 100 = 37,5\%$$

pro tabuli 1250x2500mm:

$$využití = \frac{749850 \cdot 2}{3125000} \cdot 100 = 48\%$$

pro tabuli 1500x3000mm:

$$využití = \frac{749850 \cdot 3}{4500000} \cdot 100 = 50\%$$



Obr.23–Rozložení řístřihů natabuliplechu

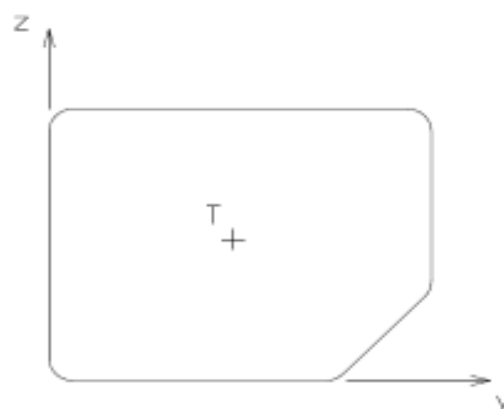
4.2 Technologické výpočty

Výpočet ťžiště:

Součástí je součástka podle osaprotoje nutné spočítat ťžiště. Proti poloze ťžiště se umístí stopka nástroje, která se přímo vloží do beranu lisu.

$$y_T = \frac{\sum y_i \cdot S_i}{S_i} = 385,5mm$$

$$z_T = \frac{\sum z_i \cdot S_i}{S_i} = 310,15mm$$



Obr.24–T

ťžiště součásti

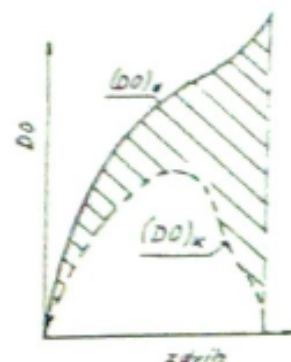
4.3 Výpočet síly [17]

Jak je vidět na obr. 25, je charakter průběhu tažné síly u konvenčního tažení odlišný, oproti nekonvenčnímu. Křivka $(DO)_K$ náleží konvenčnímu nástroji. Vzávěru zdvihu má sestupnou tendenci. Křivka síly nepevného nástroje $(DO)_N$ vykazuje větší práci. Dochází k přemístění určitého objemu elastomeru a tvarové změně. Celková tvářecí síla je dána součtem tří složek. Síly potřebné pro vlastní tváření F_{tv} , síly k překonání třecích odporů F_f a síly potřebné k přemístění a tvarové změně elastomeru F_E . Celková síla F_C se potom spočítá jako součet těchto tří sil.

$$F_C = F_{tv} + F_f + F_E$$

(4.18)

Obr.25–Porovnání tažných sil konvenčního tažení a tažení elastomerem [17]



Zevzorce(3.15)seur číslá F_{tv} :

$$F_{tv} = C \cdot t_0 \cdot o \cdot R_m = 0,5 \cdot 1 \cdot 2915,6 \cdot 600 = 874680 N$$

Tlak pot řebnýkp řetvořeníeleastomeru'p':

$$p = \frac{F_{tv}}{S_E} = \frac{874680}{800 \cdot 600} = 1,8 MPa \quad (4.19)$$

S_E plochaeleastomeru

Celkovásílasespo čítájakosou činplochyam ěrnéhotlakupryže.

$$F_C = S_E \cdot p = (1200 \cdot 1200) \cdot 2 = 2880000 N = 2,88 MN \quad (4.20)$$

Celková síla pot řebná pro p řetvoření p řístřihu na výrobek je 2,88 MN. Podle velikosti celkovėsílyseur čístrojprotažení.

4.4Stroj

Pro vlastní tažení se použije hydraulický lis CYAA 1800. Za řízení úr čené prolisování díl ů pro automobilový a letecký průmysl je vertikální konstrukce se sva řovaným stojanem.

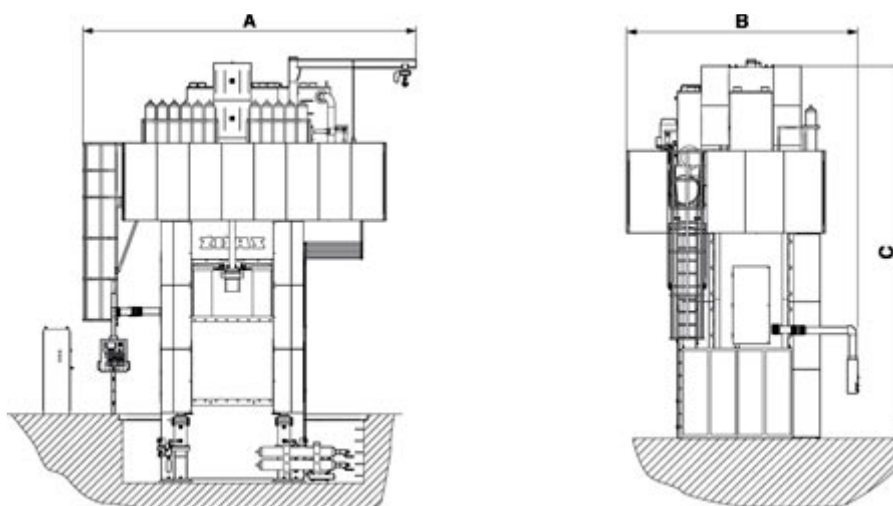
Vhorní část stojanu jsou v řadě uloženy dva pracovní válce a dva zp ětné válce. Snímání polohy beranu zajiš ťuje plynulý snímač polohy. Beran se pohybuje vse řiditelném X vedení, lis je vybaven plynulou aretací beranu. Synchroniza ční válce zajiš ťují paralelitu chodu beranu. Jsou umíst ěny v dolní části stojanu lisu. Hlavní část pohonu lisu je umíst ěna na horní ploše stojanu lisu. Pohon lisu je olejový, kombinovaný. Mazání lisu je tukové, ztrátové. Řídicí systém zajiš ťuje ovládání lisu, jeho diagnostiku a vazební signalizaci pro další spolupracující zařízení.



Obr.26-Lis CYAA 1800[8]

Tab.8 Základní technické parametry lisu CYAA1800

| | | |
|---------------------------------------|--------------------|-----------|
| Jmenovitá váhová síla | kN | 18000 |
| Zpětná síla | kN | 2400 |
| Zdvih | mm | 1550 |
| Sevřená výška | mm | 250 |
| Rychlost přibližovací | mm.s ⁻¹ | 300 |
| Rychlost pracovní max. | mm.s ⁻¹ | 10 |
| Rychlost pracovní (při 90% jmen.síle) | mm.s ⁻¹ | 30 |
| Upínací plocha beranu | mm | 1800x2000 |
| Upínací plocha stolu | mm | 1800x2000 |
| Výkon hlavního elektromotoru | kW | 230 |
| Půdorys lisu | mm | 7800x5050 |
| Výška lisu | mm | 3300 |
| Výkon hlavního motoru | kW | 200 |



Obr.27 – Schéma lisu CYAA1800 [8]

Příslušenství

- horní, spodní vyhazovač (přidržovač)
- upínkový nástroj
- výměnný nástroj
- ochranné kryty (mechanické nebo optické)
- čtyřruční spouštění (přenosový stojánek)
- tlumení rázů
- pojízdný, plnicí a filtrační olejový agregát

4.5 Nástroj [14]

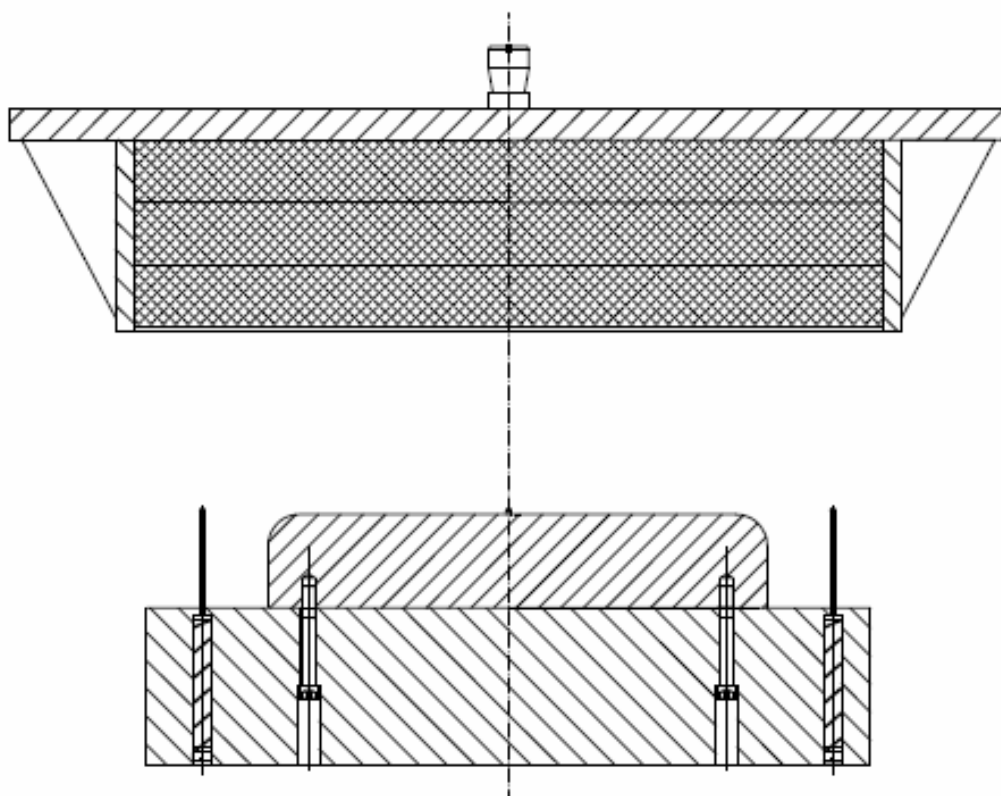
Bude použit nekonvenční tažný nástroj. Tažnice se vyrobí svařením z oceli 11 523. Jako pružné médium bude použit polyuretan Fibroflex®-P s tvrdostí 80 ShA. Tažník bude konstruován z nástrojové oceli 19312 (dín 1.2510). Materiál se využívá pro výrobu závitových nožů, vrtáků, protahováků, mřížek, forem na plasty, nástrojů, vysekávacích lisovacích nástrojů pro stříhání plechu nad 6 mm.

Tab.9 Materiál tažníku

| Složení | |
|---------|-------|
| C | 0,95% |
| Mn | 1,10% |
| Si | 0,20% |
| Cr | 0,60% |
| V | 0,10% |
| W | 0,60% |

Další vlastnosti materiálu:

- dobrá odolnost řezné hrany
- dobrá prokalitelnost
- dobrá rozměrová stabilita při kalení



Obr.28–Tažný nástroj

Profil tažného nástroje se konstruuje tak, že se od profilu součástí liší pouze rozměry šířky plechu. Povrch nástroje je leštěný pro co nejmenší tření mezi nástrojem a polotovarem. Konkrétní rozměry tažníku jsou uvedeny na výkrese BAK-DRA-03-2010 v příloze.

Pro zajištění dobrého výtažku je třeba při konstrukci tažníku řešit odvětrávání. Vzduch pod plechem by mohl způsobovat problémy, a proto je nutné v tažníku vhodně zvolit odvětrávací kanálky.

Tažnice bude konstruována jako svařovaný kontejner z oceli 11523. Konkrétní rozměry jsou uvedeny na výkrese BAK-DRA-02-2010 v příloze. Pro konstrukci tažnice se nejprve spočítá výška vrstvy polyuretanu ze vztahu (4.21).

Maximální přetvoření materiálu Fibroflex, je z tab. 10, 35% a největší hloubka výtažku je 100 mm stanovíme výšku vrstvy pryže tímto způsobem:

$$0,35h_p = 100\text{mm} \Rightarrow h_p = \frac{100}{0,35} \Rightarrow h_p \approx 286\text{mm} \quad (4.21)$$

Z výpočtu plyne, že nejmenší možná výška vrstvy pryže h_p je 286 mm. Firma Fibroflex dodává polyuretan v šířkách 1 až 7 mm (po 1 mm skocích), 8 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 až 100 mm (po 10 mm skocích).

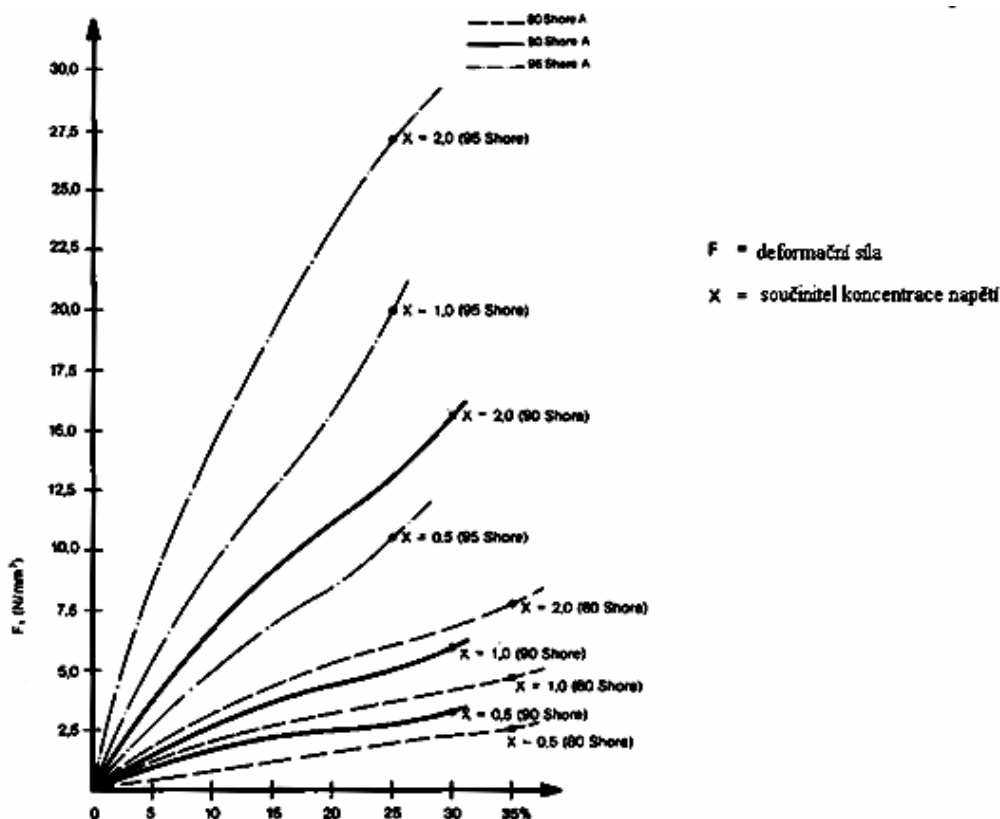
Tab. 10 Technické parametry polyuretanu [11]

| obchodní název | Fibroflex®-Platten |
|-------------------------|------------------------|
| tvrdost | 80ShA |
| hustota | 1070 kg/m ³ |
| max. přetvoření | 35% |
| vrubová houževnatost | 124 N/cm |
| prodloužení při tváření | 34,4% |
| pevnost v tahu | 34,4 N/mm ² |
| maximální teplota okolí | +70°C |
| bodkřehnutí | -68°C |
| modul pružnosti | 38 N/mm ² |
| odolnost proti průrazu | 400 V |
| tlak při 100% stlačení | 5,5 MPa |
| tlak při 300% stlačení | 10,3 MPa |
| pevnost v tahu | 34 MPa |
| max. prodloužení | 490% |
| pevnost v trhu | 36 kN/m |
| otěr | 48 mm ³ |
| tuhost v krut při 24°C | 17,9 MPa |
| barva | zelená |

Fibroflex®-Platten je nejlepší používat v rozsahu teplot -62°C ~ 70°C. Nedoporučuje se kontakt polyuretanu s předměty ochlazenými pod teplotu -18°C.

Odolnost proti úsobení chemikálií:

| | | |
|------------------|------|--------------------------------------|
| motorová nafta | x | +....odolný |
| minerální olej | +až- | -....neodolný |
| rostlinný tuk | + | x....podmíněně odolný (dle prostedí) |
| živočišný tuk | + | |
| benzín | x | |
| řezná kapalina | + | |
| petrolej | +až- | |
| řepkový olej | + | |
| mýdlový roztok | - | |
| vazelína | + | |
| voda +95°C | - | |
| voda +20°C +až x | | |



Obr.29-Grafp řetvárnéhooodporumateriáluFibroflex[11]

Pro nekonvenční tažení metodou Guerin by měl být použit polyuretanový monoblok. Firma Fibroflex takto hluboký monoblok nedodává. Proto se zvolí tři vrstvy o tloušťce 100mm. Vzhledem k hloubce součástí bude zmíněné řešení dostačující. Výhodou použití tří vrstev polyuretanu je možnost poopotřebení vyměnit pouze první vrstvu, což je ekonomicky výhodnější. Výška vrstvy 300mm zaručuje, že polyuretan nebude namáhán až do krajní meze přetvoření. Přetvoření při výšce 300mm bude dosahovat zhruba 30%.

4.6 Mazivo [18]

Mazivo používané při tažení nerez ocelí musí splňovat určité požadavky. Nesmí reagovat s povrchem nástroje, nebo součástí, vytvořit stejnou měrnou a pevnou mazací vrstvu, dobře přilnout k tažníku a materiálu, po tažení se dít snadno odstranit. Pro nerez oceli se používá směs v řetenového oleje, grafitu, mýdla a vody, polyvinylchloridový lak, minerální a lněné olej hustší konzistence, suspenze práškového grafitu ajiné.

Vzhledem k požadavkům nerezovat s povrchem nástroje nebo součástí, seněkterámaziva nemohou pro tento případ použít. K tažení bude použit minerální olej hustší konzistence, který splňuje podmínky reakčnosti s polyuretanem.

Při tažení bude použit olej PU 115 A, který dodává firma Rhenus Lub GmbH & Co KG. Parametry oleje jsou v tab. 11.

Tab. 11 Parametry použití mazacího oleje [18]

| Produkt | Viskozita při (40°C) | Materiály | Použití |
|-------------------|----------------------|------------------------------|---|
| r.rhenus PU 115 A | 120 | Nerez a kyselina odolná ocel | Světlý olej pro tváření zastudena plných, dutých a miskovitých dílců. |

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [11]

Z výpočtu procentuálního využití plechu vyplývá, že ekonomicky nejvýhodnější bude použití tabule o rozměrech 1500x3000 mm. Z jedné tabule se vyrobí 3 kusy řístřihů.

$$P_T = \frac{P_V}{P_P} = \frac{20}{3} = 6.67 \Rightarrow 7 \text{ kusů} \quad (4.22)$$

P_Tpočet tabulí [ks]

P_Vpočet výrobků [ks]

P_Ppočet řístřihů z jedné tabule [ks]

Hmotnost jedné tabule plechu m_T je 35,3 kg. Cena jednoho kilogramu austenitického nerezového plechu se od dodavatele pohybuje okolo 75 Kč bez DPH. Z vztorce (4.19) můžeme spočítat náklady na materiál N_M .

$$N_M = m_T \cdot 75 = 35,3 \cdot 75 = 2648 \text{ Kč} \quad (4.23)$$

Deska materiálu Fibroflex o rozměrech 1200x1200x100 mm je prodávána za cenu 17216 Kč bez DPH. Do tažnice budou použity tři vrstvy. Celková cena za polyuretan je 51648 Kč bez DPH.

Z ceny nástroje se odvíjí cena součástky. Režijní náklady nebyly známy, tak jsem je do celkové ceny nezapočítal. Celková cena víka kontejneru bude součet nákladů na materiál a cenu polyuretanové vrstvy podělená počtem kusů. Cena jednoho víka kontejneru bude 2715 Kč bez DPH.

6ZÁVĚRY

Bakalářská práce se zabývá výrobou výtažku víka kontejneru používaného v chemickém průmyslu. Součástí musí splňovat odolnost proti chemickým vlivům a mít lesklý povrch. Sériovost je 20 kusů. Byla zvolena austenitická nerezová ocel 17 240. Z variantního řešení připadaly jako možnosti výroby odlévání, svařování, konvenční a nekonvenční tažení. S přihlédnutím k sériovosti a požadavkům na výrobek, bylo zvoleno tažení pomocí metody Guerin. Metoda Guerin je jednoduchá, ekonomicky výhodná a dává se jí docílit požadovaných přesností výrobku.

Z konstrukčních a technologických výpočtů byl konstruován tažný nástroj. Tažnice byla nahrazena elastomerovým blokem o tvrdosti 80 ShA, který bude umístěn ve svařovaném kontejneru z oceli 11 523. Tažník byl vyroben z nástrojové oceli 19 312.9.

Byla spočítána hloubka potřebné polyuretanové vrstvy do tažnice, která je 286 mm. S přihlédnutím k možnostem dodání polyuretanu od firmy Fibroflex se následně zvolily tři vrstvy polyuretanu o hloubce 100 mm. Cena polyuretanu je 51 648 Kč bez DPH.

Pro výrobu prístřihu bude použita tabule plechu, protože svitek nemá při malé sériovosti význam. Firma Lega s.r.o. dodává tabule plechu z oceli 17 240 v klasických rozměrech 1000x2000 mm, 1250x2500 mm, 1500x3000 mm. Provedením výpočtu využití tabulí byl zvolen rozměr tabule 1500x3000 mm. Z jedné tabule se vyrobí 3 prístřihy a využití je 50%. Na výrobu celé série bude potřeba 7 tabulí. Cena tabulí plechu je 26 480 Kč bez DPH.

Celková cena víka kontejneru bude 27 150 Kč bez DPH. Režijní náklady nebyly známy, tak nebyly doceněny započítány.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [19]

1. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. první. Brno: VUT Brno, 1992. 167s.
2. DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František; NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření: Plošné a objemové tváření*. Brno: Welco, spol. s r. o., 1996. 169s.
3. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: VUT Brno, 1992. 186s.
4. ROMANOVSKIJ, V. P.: *Průručka pro lisování zastudena*. [s.l.]: [s.n.], 1959. 537s.
5. TIŠNOVSKÝ, M., MÁDLE, L. *Hluboké tažení plechů a lisů*. [s.l.]: [s.n.], 1990. 196s.
6. BAČKA, Jozef, et al. *Technológia tvárnenia. Plošné tvárnenie*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2004. 97s.
7. MARCINIAK, Zdzisław. *Teorie tváření plechů*. Praha: [s.n.], 1964. 250s.
8. ŽDAS a.s. [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Žďas. Dostupné z WWW: <<http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=53>>.
9. *Technologie II* [online]. 2005 [cit. 2010-05-19]. Technologie plošného tváření - tažení. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm>
10. TPL, s.r.o. [online]. 2009 [cit. 2010-05-15]. Nástroje pro lisování plechu. Dostupné z WWW: <<http://www.tpl.cz/nastroje-lisovani/podle-pretvarneho-procesu/>>.
11. *Společnost GORE s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2010-05-19]. GORE s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.gore.cz/>>.
12. *Ust.fme.vutbr.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. VYBRANÉ TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/kapitola_4.htm>.
13. *Vývoje a výroba* [online]. 2008 [cit. 2010-05-29]. AERODODKY. Dostupné z WWW: <<http://www.aero.cz/cs/capabilities.html>>.
14. *Lega-Inox* [online]. 2007 [cit. 2010-05-15]. LEGA s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.lega.cz/>>.
15. VSS Plast. s.r.o. [online]. [cit. 2010-05-12] Dostupný z WWW: <<http://www.vvs-plasty.cz/plastove-polotovary/polytan.html>>
16. VM Plast. s.r.o. [online]. [cit. 2010-05-12] Dostupný z WWW: <<http://www.vmplast.cz/?x=polyuretan-polytan>>
17. SAMEK, Radko. *Technologické problémy při tváření elastomerů*. In Sborník VAvBrno. 1. vyd. Brno: VAv, [1990]. s. 79-85

18. *Rhenuslub.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Rhenus Lub GmbH & Co KG Dostupné z WWW: <http://www.rhenuslub.de/uploads/media/Tabelle_rrhenus_CZ.pdf>.
19. *Citace 2.0 : Generátor citací* [online]. 2004 [cit. 2010-05-29]. Citace.com. Dostupné z WWW: <<http://citace.com/generator.php?druh=8&ukol=1>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| Označení | Legenda | Jednotka |
|------------------|--|--------------------|
| C | Součinitel vyjadřující vliv součinitele tažení | [-] |
| C ₁ | Koeficient zaplnění plochy | [-] |
| d | Průměr výtažku | [mm] |
| D | Průměr řístříhu | [mm] |
| D ₁ | Průměr řístříhu poprvé natáhnutí | [mm] |
| D ₂ | Průměr řístříhu po druhém natáhnutí | [mm] |
| F _C | Celková síla | [N] |
| F _f | Síla při překročení řezných odporů | [N] |
| F _E | Síla při řezání elastomeru | [N] |
| F _{tv} | Tvářecí síla | [N] |
| h | Výška výtažku | [mm] |
| h _o | Šířka prstencové části | [mm] |
| h _p | Nejmenší možná výška vrstvy pryže | [mm] |
| K | Stupeň tažení | [-] |
| K _C | Celkový stupeň tažení | [-] |
| K _i | Stupeň tažení v první fázi natáhnutí | [-] |
| m | Součinitel tažení | [-] |
| m _T | Hmotnost tabule | [kg] |
| N _M | Náklad na materiál | [Kč] |
| o | Střední obvod součásti | [mm] |
| p | Tlak | [MPa] |
| P _T | Počet tabulí | [ks] |
| P _P | Počet řístříhů | [ks] |
| P _V | Počet výrobků | [ks] |
| R _m | Mezpevnost materiálu | [MPa] |
| R _C | Poloměr kruhového řístříhu | [MPa] |
| S | Plocha výstřihu | [mm ²] |
| S _E | Plocha elastomeru | [mm ²] |
| S _{tab} | Plocha tabule plechu | [mm ²] |
| S _V | Plocha výtažku | [mm ²] |
| S _{vyr} | Plocha výrobku | [mm ²] |
| t | Původní tloušťka | [mm] |
| t ₀ | Tloušťka plechu | [mm] |
| t ₁ | Konečná tloušťka | [mm] |
| V _{def} | Deformovaný objem | [mm ³] |
| V _p | Přesunutý objem | [mm ³] |
| y _T | Souřadnice žíštěvesměru osy y' | [mm] |
| z _m | Tažná mezera | [mm] |
| z _T | Souřadnice žíštěvesměru osy z' | [mm] |

SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace

Druh dokumentu:

výkres sestavy
výkres součástí
výkres součástí
výkres součástí

Název dokumentu:

TAŽNÝ NÁSTROJ
VÍKOKONTEJNERU
KONTEJNER
TAŽNÍK

Číslo dokumentu:

BAK-DRA-S00-2010
BAK-DRA-01-2010
BAK-DRA-02-2010
BAK-DRA-03-2010